

PSEUDO-DIFFERENTIAL FREQUENCY FILTER USING CONVEYORS

Martin Milota

Bachelor Degree Programme (3rd year), FEEC BUT

E-mail: xmilot03@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ondřej Sládok

E-mail: xslado00@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: The author of this article deals with the design and analysis of a pseudo-differential filter. This designed filter works in voltage mode and is a second-order low pass filter. The filter uses three current conveyors and four passive elements. The proposed circuit reaches the theoretical values in simulations. The simulation results are displayed by modular and phase characteristics.

Keywords: conveyors, voltage mode, pseudo-differential filter, frequency filter, second order, low-pass, modular characteristic, phase characteristic

1 ÚVOD

Kmitočtové filtre sú v súčasnosti neoddeliteľnou súčasťou väčšiny elektronických zariadení. Aj keď sa v dnešnej dobe vo veľkom rozvíja digitálna technika, stále musíme spracovávať analógové signály, a preto sa tento článok zaoberá návrhom pseudo-diferenčného kmitočtového filtra pracujúceho v napäťovom režime. Hlavná myšlienka pseudo-diferenčných filtrov je spojenie kladných vlastností nediferenčných kmitočtových filtrov a plne diferenčných kmitočtových filtrov.

2 PSEUDO-DIFERENČNÉ ZAPOJENIE FILTRA

Pseudo-diferenčné zapojenia sú kombináciou diferenčných a nediferenčných filtrov. Tieto zapojenia majú dva diferenčné vstupy a dva diferenčné výstupy, ale vnútorná štruktúra na rozdiel od diferenčných zapojení zostáva nediferenčná. Takéto zapojenia teda neobsahujú toľko prvkov ako diferenčné a sú menej zložité ako diferenčné zapojenia, no stále majú požadované vlastnosti. V praxi sa preto často používajú v kombinácii s úplne diferenčnými filterami. Návrhom týchto filtrov sa teda snažím o zlúčenie kladných vlastností, ktoré ponúkajú diferenčné a nediferenčné zapojenia.

Pri práci s diferenčnými filterami pracujúcimi v napäťovom režime platia nasledujúce vzťahy[1],[2]:

$$U_{1d} = u_{1+} - u_{1-}, U_{2d} = u_{2+} - u_{2-}, K_U = \frac{U_{1d}}{U_{2d}} = \frac{u_{2+} - u_{2-}}{u_{1+} - u_{1-}} \quad (1)$$

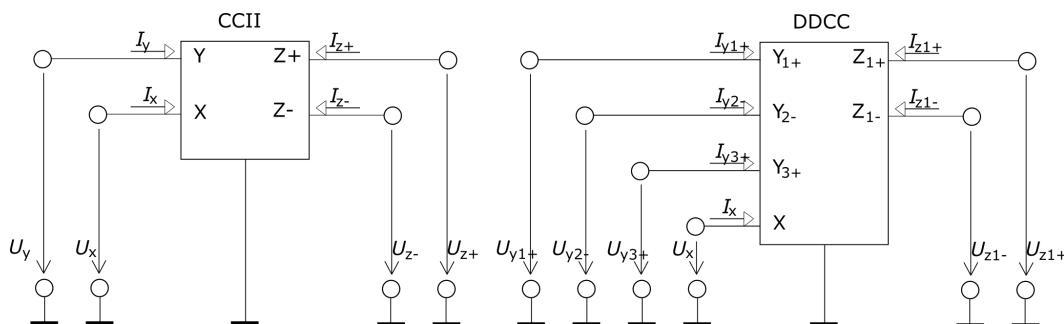
U_{1d} označuje diferenčné vstupné napätie a u_{1+}, u_{1-} sú vstupné svorky. U_{2d} označuje diferenčné výstupné napätie a u_{2+}, u_{2-} sú výstupné svorky.

Z tohto matematického popisu vypláva, že k analýze takýchto štruktúr nám stačia len vstupné a výstupné signály a obvod medzi tým nemusíme vôbec brať do úvahy. Tým pádom môže byť na vstupe a na výstupe diferenčné napätie, teda dve rozdielové svorky na vstupe aj na výstupe, a zvyšok obvodu môže byť nediferenčný, čo je definícia práve pseudo-diferenčného filtra.

3 POUŽITÉ AKTÍVNE PRVKY (KONVEJORY)

Prúdový konvektor druhej generácie (CCII), ktorého schématická značka je na obr. 1a) môžeme popísať nasledujúcimi rovnicami:

$$U_x = U_y, I_y = 0, I_{z+} = I_x, I_{z-} = -I_x. \quad (2)$$



Obrázek 1: a) schématická značka CCII b) schématická značka DDCC

Jedná sa o konvektor so štyrmi bránami, z čoho jeden je vysoko impedačný napäťový vstup Y, jeden nízko impedačný prúdový vstup X a dva vysoko impedačné prúdové výstupy Z+ a Z-.[4]

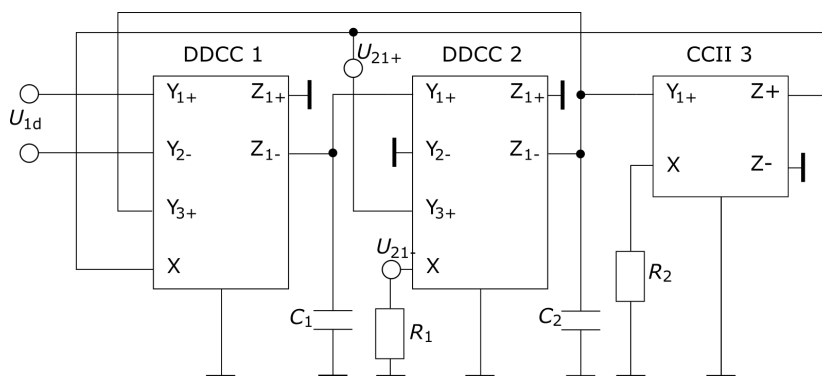
Diferenčný rozdielový prúdový konvektor (DDCC), ktorého schématická značka je na obr. 1b) môžeme popísať nasledujúcimi rovnicami:

$$U_x = U_{y1+} - U_{y2-} + U_{y3+}, I_{y1+} = I_{y2-} = I_{y3+} = 0, I_{z1+} = I_x, I_{z1-} = -I_x. \quad (3)$$

Jedná sa o konvektor so šiestimi bránami, z čoho tri sú vysoko impedačné napäťové vstupy Y_{1+} , Y_{2-} a Y_{3+} , jeden nízko impedačný prúdový vstup X a dva vysoko impedačné prúdové výstupy Z_{1+} a Z_{1-} . [3]

4 PSEUDO-DIFERENČNÝ FILTER TYPU DOLNÁ PRIEPUSŤ

Návrh pseudo-diferenčného filtra v napäťovom režime druhého rádu sa nachádza na obr. 2. V tomto zapojení sú využité dva diferenčne rozdielové prúdové konvejory DDCC a jeden prúdový konvektor druhej generácie CCII, kde je k DDCC 1 privedené vstupné napätie. Okrem toho štruktúra obsahuje ešte 4 pasívne prvky, a to konkrétne dva rezistory R_1, R_2 a dva kapacitory C_1, C_2 .



Obrázek 2: Navrhnutý pseudo-diferenčný filter dolnej priepusti pracujúci v napäťovom režime druhého rádu

Ak zohľadníme ideálne vlastnosti aktívnych prvkov, potom pre filtračné funkcie druhého rádu dolnej priepusti bude diferenčné výstupné napätie dané nasledujúcou rovnicou:

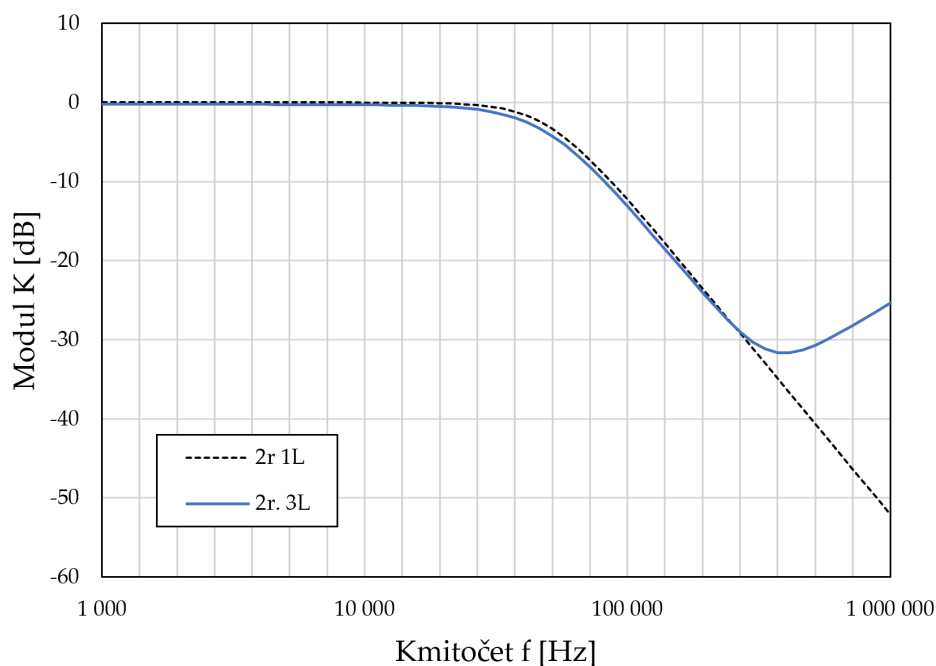
$$U_{2d} = \frac{1}{p^2(C_1 C_2 R_2 R_1) + p(C_1 R_2) + 1} \quad (4)$$

Činiteľ akosti Q a uhlový charakteristický kmitočet ω_0 môžeme vyjadriť pomocou vzťahov

$$Q = \sqrt{\frac{C_2 R_1}{C_1 R_2}}, \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_2 R_1}}. \quad (5)$$

Pre počítačovú simuláciu bol zvolený hraničný kmitočet $f_0 = 50 \text{ kHz}$, činiteľ akosti $Q = 0,707$ (Butterworthová aproximácia) a hodnoty kondenzátorov boli zvolené $C_1 = C_2 = 1 \text{ nF}$. Rezistory boli dopočítané ako $R_1 = 2250 \Omega$, $R_2 = 4502 \Omega$.

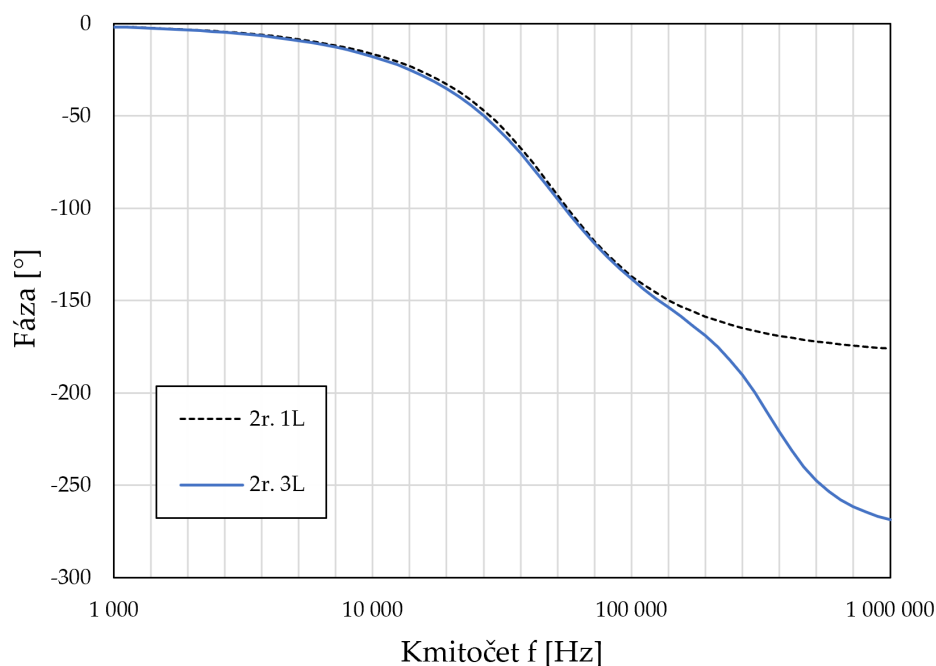
Simulácie prebehli v programe OrCAD, a to pri použití univerzálneho prúdového konveju prvej a tretej generácie (UCC-1L, UCC-3L)[5]. Výsledky týchto simulácií môžeme vidieť na obr. 3 a obr. 4.



Obrázek 3: Modulová charakteristika dolnej priepusti 2. rádu

Z grafu modulovej charakteristiky je zrejmé, že sa simulovaný priebeh dolnej priepusti 2. rádu veľmi blíži teoretickému priebehu. Simulácia dosahuje útlm približne 30dB a môžeme konštatovať, že sklon v nepriepustnom pásme je veľmi blízky ideálnemu sklonu, ktorý je -40dB/dek.

Z grafu fázovej charakteristiky 2. rádu môžeme vidieť, že sa simulácia blíži k ideálnemu priebehu s menšou odchýlkou, kedy filter vykazuje horšie vlastnosti od 100 kHz.



Obrázek 4: Fázová charakteristika dolnej priepusti 2. rádu

5 ZÁVER

Tento článok bol zameraný na návrh a analýzu pseudo-diferenčného kmitočtového filtra pracujúceho v napäťovom režime druhého rádu. Navrhnutý filter sa pri simuláciach blíži k teoretickému priebehu s malými odchýlkami spôsobenými parazitnými vlastnosťami aktívnych prvkov, a preto sme po tejto analýze dospeli k záveru, že je vhodné použiť pseudo-diferenčné filtre ako funkčné bloky na spracovanie analógového signálu.

REFERENCE

- [1] Jeřábek, J. *Kmitočtové filtry s proudovými aktivními prvky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2007. 70 s. Vedoucí doktorské práce prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.
- [2] Horng, J. V., Wu, C. M, Herencsar, N., *Fully differential first-order allpass filters using a DDCC*, Indian J. Engineering and Materials Sciences 21 (2014), 345-350.
- [3] Sládok, O., *Diferenční struktury lineárních obvodů s DDCC a DVCC*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 65 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Koton, Ph.D
- [4] Sedra, A., Smith, K. C. *A second-generation current conveyor and its applications*, IEEE Transactions on Circuit Theory, 1970, vol. 17, no. 1, pp. 132– 134.
- [5] Datasheet UCC-N1B - Universal Current Conveyor (UCC) and Second-Generation Current Conveyor (CCII+/-), Brno University of Technology, On Semiconductor Ltd., Rev. 1, 2012